

## RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA INKUBATOR BAYI BERBASIS PID DAN LABVIEW 2014

**Andris Kurniawan**

S 1 Teknik Elektro , Fakultas Teknik , Universitas Negeri Surabaya  
email : andriskurniawan@mhs.unesa.ac.id

**Bambang Suprianto**

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
email: bambangsuprianto@unesa.ac.id

### Abstrak

Inkubator bayi dimanfaatkan untuk mendapatkan efek panas terhadap tubuh bayi . sistem yang telah digunakan pada inkubator sampai saat ini masih sederhana, sistem kontrol yang digunakan adalah on – off control action. Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang inkubator bayi otomatis yang dapat memperbaiki hasil respon temperatur plant inkubator agar tetap stabil sesuai nilai temperatur *setpoint* yang disesuaikan dari berat badan bayi dikehendaki menggunakan kontroler PID. Metode pengontrolan PID dirancang dengan mengidentifikasi plant menggunakan Metode Ziegler-Nichols untuk mencari model mathematic dan nilai dari PID. Perancangan *hardware* untuk inkubator bayi berbasis PID ini menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pusat kontroler dengan memasukkan source PID dan PWM untuk menjaga kestabilan temperatur plant yang terintegrasi dengan akuator lampu pijar . Dengan sensor SHT11 sebagai pembaca kondisi temperatur serta kelembapan plant dan LOAD CELL untuk mengukur berat badan bayi yang akan menjadi tolak untuk dari *setpoint* temperature . Hasil penelitian menunjukkan nilai konstanta PID  $K_p = 90$  ,  $K_i = 50$  ,  $K_d = 0$  , Dengan nilai konstanta PID tersebut mampu menghasilkan respon sistem yang stabil *setpoint* 33 C dengan nilai eror steady state yaitu 0.057%, sedangkan di *setpoint* 34 C dengan nilai eror steady state yaitu 0.294 % , sedangkan di *setpoint* 35 C dengan nilai eror steady state yaitu 0.057% dari semua *setpoint* tidak ada yang melebihi 1 % .

**Kata Kunci:** Inkubator Bayi , Pengontrolan Temperatur, Metode Ziegler-Nichols, Kontroler PID, Arduino Uno R3

### Abstract

Baby incubators are used to get the heat effect on baby's body. the system that has been used in the incubator to date is still simple, the control system used is on-off control action. The purpose of this study was to design an automatic infant incubator that can improve the temperature response results of the incubator plant to remain stable according to the adjusted *setpoint* temperature value of the desired infant weight using a PID controller. The PID control method is designed by identifying the plant using the Ziegler-Nichols Method to find the mathematic model and the value of the PID. The *hardware* design for this PID-based infant incubator uses the Arduino Uno R3 as a central controller by inputting PID and PWM sources to maintain plant temperature stability integrated with the incandescent light bulb. With the SHT11 sensor as the reader of temperature and humidity conditions of the plant and LOAD CELL to measure the baby's weight that will be rejected for the *setpoint* temperature. The result showed that the value of constant PID  $K_p = 90$  ,  $K_i = 50$  ,  $K_d = 0$  , With the value of PID constant is able to produce stable system response *setpoint* 33 C with steady state error value is 0.057%, while at *setpoint* 34 C with steady error value state at 0.294%, while at *setpoint* 35 C with steady state errors of 0.057% of all *setpoints* none exceeding 1% .

**Keywords:** Baby Incubator, Temperature Control, Ziegler-Nichols Method, PID Controller, ArduinoUno R3

### PENDAHULUAN

Inkubator bayi berfungsi menjaga temperatur bayi supaya tetap stabil. Bayi prematur pada umumnya perlu diletakkan di inkubator yang mempunyai kontrol suhu yang baik, sehingga bayi tetap berada pada suhu yang sesuai seperti saat bayi berada dalam kandungan. Faktor –faktor yang perlu diperhatikan pada inkubator adalah suhu inkubator dan suhu bayi. Pengaturan suhu yang cukup hangat pada incubator bayi sangat diperlukan untuk

mencegah hipotermi yang akan terjadi pada bayi prematur. Pengaturan suhu pada inkubator bayi dipengaruhi oleh berat badan bayi dan umur bayi sehingga dapat ditetapkan pemilihan suhu pada inkubator bayi. Suhu inkubator bayi adalah 31°C-36°C tapi tetap dilihat dari berat badan bayi , semakin semakin berat semakail rendah suhu dari incubator bayi .

Akan tetapi, sistem yang telah digunakan pada inkubator sampai saat ini masih sederhana, sistem kontrol yang digunakan adalah on – off control action.

Apabila nilai suhu yang terdeteksi sensor melebihi nilai *set point* yang telah ditentukan, maka inkubator akan mematikan sistem. Dan juga sebaliknya, apabila nilai suhu yang terdeteksi sensor masih belum mencapai nilai *set point* yang ditentukan, maka inkubator akan terus menyalakan sistem hingga mencapai nilai *set point*.

Berdasarkan latar belakang di atas maka perlu dilakukan penelitian dan perancangan sistem alat dengan judul “rancang bangun Sistem Pengontrolan Temperatur Pada Inkubator bayi Berbasis PID dan LabVIEW ”. Dengan metode kontrol PID maka untuk menentukan masing-masing parameter dilakukan proses identifikasi plant untuk mendapatkan model matematis dengan identifikasi Metode *Ziegler-Nichols* . Sistem kontrol PID yang diaplikasikan sebagai modul kontrol temperatur di dalam sistem yang menggunakan Matlab dan Arduino sebagai piranti data akuisisi untuk membaca sensor temperatur dan mengendalikan 8 buah lampu pemanas sebesar 25 Watt secara paralel untuk meratakan temperatur secara keseluruhan dalam sistem. Data sample pengontrolan temperatur dan *monitoring* temperatur kelembapan dan berat dapat diambil dari tampilan langsung ke laptop/LCD dengan *software* LabVIEW yang dapat menerima dan menampilkan train data temperatur berupa grafik/angka.

## KAJIAN PUSTAKA

### Inkubator Bayi

Inkubator bayi merupakan alat yang memiliki fungsi untuk mencegah *hipotermi* atau kondisi dimana tubuh kesulitan dalam mengatur tekanan suhu dingin pada bayi yang baru lahir terutama bayi premature atau memiliki berat badan lahir rendah (BBLR) dengan cara menghangatkan suhu ruangan agar dapat mempertahankan suhu badan bayi normal. (Harseno , 2017)

### Keadaan Bayi

Kesanggupan untuk pembentukan panas dan kemampuan untuk mempertahankan panas sangat terbatas terutama pada bayi prematur. Keadaan ini dapat dihindari dengan segera mengeringkan bayi agar kehilangan panas secara evaporasi dapat dikurangi. Dalam perawatan selanjutnya usaha untuk mempertahankan suhu tubuh dalam *Neutral thermal zone* adalah salah satu cara yang paling efektif untuk menekan mortalitas bayi prematur. (Surasmi dkk, 2003 ) pengaturan suhu inkubator ditentukan berdasarkan berat badan bayi yang terlihat pada Tabel 1. (Surasmi dkk, 2003 )

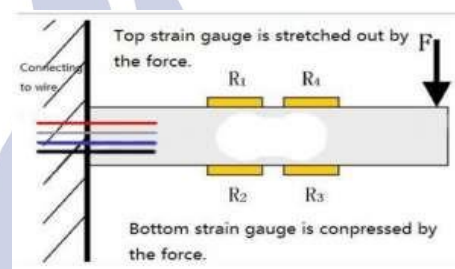
Tabel 1. Pengaturan suhu inkubator

Berat badan bayi (Kg)	Temperatur (°C)
1	35 °C
2	34 °C
3	33 °C

(Surasmi,Asrining dkk, 2003 )

### Loadcell

Load cell adalah sensor yang dapat mendeteksi adanya perubahan massa yang ditimbulkan oleh gaya dan gravitasi suatu benda. Perubahan yang ditimbulkan oleh gaya dan gravitasi benda nantinya akan dijadikan sebuah sinyal analog dan akan diteruskan ke transduser. *Transduser* berfungsi mengubah sinyal analog yang ditimbulkan oleh load cell ke besaran listrik.



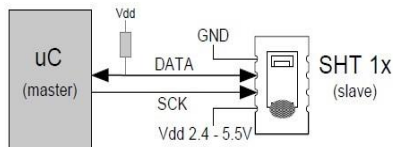
Gambar 1. Prinsip kerja sensor load cell (Arif Lukman Khakim ,2015 )

### Modul HX711

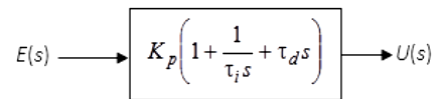
HX711 adalah modul timbangan yang memiliki prinsip kerja menguatkan perubahan tegangan yang terukur pada sensor load cell dan mengkonversinya ke dalam besaran listrik melalui rangkaian yang ada. HX711 presisi 24-bit *analog-to-digital converter* (ADC) yang didesain untuk sensor timbangan digital (*weight scales*) dan *industrial control aplikasi* yang terkoneksi dengan sensor jembatan (*bridge sensor*). Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrokontroler melalui TTL (Rohmadi, 2014).

### SHT11

Sensor SHT11 adalah sebuah *single chip* multisensor untuk sensor kelembapan dan suhu ruang yang telah terkalibrasi sempurna sehingga bentuk keluaran sudah dalam bentuk digital. Industri CMOS memproses dengan micromachining yang telah dipatenkan dan memastikan keandalan paling tinggi pada sensor ini dengan stabilitas jangka panjang sempurna. Piranti meliputi suatu polimer kapasitif yang merasakan unsur kelembapan relatif dan suatu *bandgap* untuk *sensor temperature*.



Gambar 2. SHT11  
(Sumber : Data sheet SHT1X)



Gambar 4. Diagram Blok Kontrol PID  
(Sumber : Ogata, 1985)

### Arduino

Arduino Uno R3 adalah *prototyping platform* sebuah paket berupa papan (*board*) elektronik (*hardware*) dan lingkungan pengembangan (*software*) yang memanfaatkan kemampuan mikrokontroler jenis tertentu. Mikrokontroler yang digunakan pada Arduino Uno adalah jenis Atmel seri ATmega 328. Berikut Gambar 2. Arduino Uno R3.



Gambar 3. Arduino UNO  
(Sumber: www.arduino.cc)

*Prototyping platform* ini berkomunikasi secara serial dengan perangkat kabel USB yang digunakan untuk *upload* program dari *software* IDE Arduino. Penelitian ini menggunakan pin-pin data *analog* dan *digital*. Untuk keperluan PWM (*Pulse Width Modulation*) terdapat pada pin 3,5,6,9,10 dan 11.

### Kontoller PID

Dalam suatu sistem kendali otomatis dikenal adanya beberapa aksi pengendalian, diantaranya aksi kendali *On/Off*, aksi kendali proporsional (P), aksi kendali integral (I) dan aksi kendali differensial (D). Masing-masing aksi kendali tersebut mempunyai keunggulan tertentu. Aksi kendali *On/Off* mempunyai keunggulan waktu naik yang cepat, aksi kendali proporsional mempunyai keunggulan waktu naik yang cepat dan stabil, aksi kendali integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil kesalahan, dan aksi kendali differensial memiliki keunggulan meredam kekurangan tanggapan atau kelebihan tanggapan. Untuk mendapatkan suatu sistem kendali dengan hasil pengendalian yang memiliki waktu naik yang cepat, kesalahan yang kecil dan kestabilan yang baik, dapat dilakukan dengan menggabungkan ketiga aksi kendali tersebut menjadi aksi kendali PID (Gunterus, 1994).

$$U(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) E(s) \quad (1)$$

$$K_p = \frac{\tau_i}{K \times \tau^*} \quad (2)$$

$$K_i = K_p \times \frac{1}{\tau_i} \quad (3)$$

$$K_d = K_p \times \tau_d \quad (4)$$

Keterangan :

$K_p$  : penguatan Proposional

$\tau^*$  : Waktu yang di inginkan

$K_i$  : penguatan Intergral

$K_d$  : penguatan Derivatif

$T_i$  : Konstanta Waktu Integral

$T_d$  : Konstanta Waktu Derivatif

$U(s)$  : Sinyal Kendali

$E(s)$  : Sinyal Error

### Metode Tuning Ziegler-Nichols

Aturan *Ziegler-Nichols* digunakan untuk tuning nilai kontroler PID. Ada dua metode pada aturan tuning *Ziegler-Nichols* yaitu metode pertama dan metode kedua. Pada penelitian ini menggunakan metode kedua, berikut Tabel aturan *tuning Ziegler-Nichols* orde 1 kurva respon :

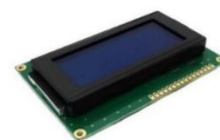
Tabel 2 Penalaan paramater PID dengan metode kurva reaksi

Tipe controller	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$\frac{T}{L}$	-	0
PI	$0,9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0,3}$	0
PID	$1,2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0,5 L$

(sumber : Ogata, 1985).

### LCD 16X4

*Liquid Cristal Displa-y* (LCD) adalah komponen yang dapat menampilkan tulisan. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Bentuk fisik dari LCD dapat ditunjukkan pada gambar 5



Gambar 5. LCD 16 X 4  
(Sumber : www.primelec.com )



### AC Light Dimmer Modul

AC Light Dimmer modul dimmer buatan RobotDyn yang dapat dikontrol oleh *microcontroller* seperti Arduino, Raspberry Pi dan sebagainya. Dengan adanya *fitur pin zero crossing detector* di modul ini, membuat *microcontroller* dapat mengetahui saat yang tepat untuk mengirim sinyal PWM. (Tanpa timing yang tepat, arus AC dengan TRIAC akan menghasilkan sinyal output yang kacau bila dihubungkan dengan PWM dan dapat menyebabkan dimmer tidak berfungsi dalam menghasilkan sinyal PSM dengan kurva yang benar.



Gambar 6. AC Light Dimmer Module  
(www.aliexpress.com )

### LABVIEW 2014

LabVIEW ( *Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench* ) merupakan *software* yang secara khusus digunakan untuk pemrosesan sistem dan visualisasi dari data sebuah instrumentasi, kendali, begitu pula *otomatisasi industry*. Pada tahun 1996 perusahaan *National Instrument (NI)* mulai mengembangkan *software* ini.

### Antarmuka LABVIEW dan Arduino

Perancangan *software* ini dimaksudkan untuk membuat GUI (*Graphical User Interface*) yang dibuat melalui LabVIEW. Tahap perancangan GUI pada LabVIEW terdapat dua bagian jendela yaitu jendela *front panel* sebagai tempat menampilkannya panel kontrol dan *monitoring* dan jendela *block diagram* digunakan untuk pemrograman komunikasi antar elemen pada jendela *front panel*. Untuk komunikasi serial antara perangkat mikrokontroler Arduino dengan LabVIEW harus digunakan fungsi VISA (*Virtual Instrument Software Architecture*). Fungsi VISA yang digunakan pada perancangan ini adalah VISA *Configure Serial Port*, VISA *Write*, VISA *Read*, VISA *Close* dan VISA *Bte at Serial Port*. ( Wijaya . 2015 )

### Alasan Pemilihan Lampu

Alasan memilih lampu pijar menjadi *actuator* dari inkubator bayi adalah karena bayi yang baru lahir tidak boleh atau harus di jauhkan dari kipas atau ac karena panas bayi akan menghilang dengan cepat di sebabkan oleh alat itu. (Saifuddin . 2009)

Untuk jenis lampunya sendiri adalah lampu pijar yang sudah ada yang meneliti bawasan lampu pijar cocok untuk pengahat di inkubator bayi di sebabkan Lampu pijar biasa memiliki tingkat intensitas yang tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan lampu sorot, tetapi memiliki panas yang tinggi, sehingga lampu jenis ini baik digunakan sebagai pemanas pada inkubator bayi. (Setyaningsih dkk 2015)

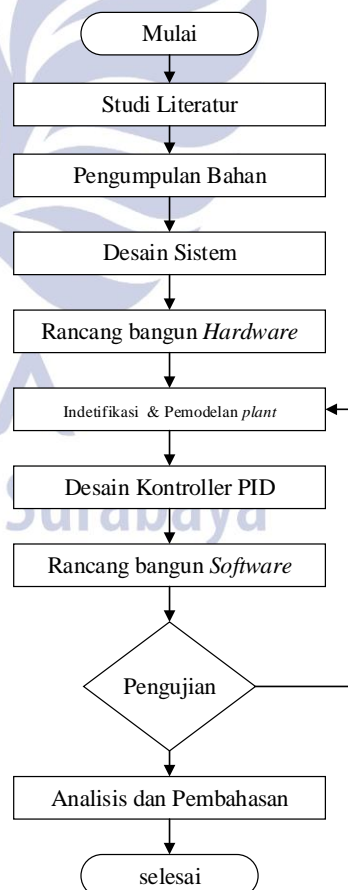
### METODE PENELITIAN

#### Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan *software* LabVIEW 2014 dan Arduino IDE 1.8.5. *Software* LabVIEW akan digunakan untuk *memonitoring* dari sistem Inkubator bayi ,mendesain kontrolernya, yaitu kontroler PID (*Proporsional-Integral-Differensial*) dengan metode Kurva Reaksi *Ziegler-Nichols* untuk mencari model *mathematic* dan konstantan dari  $K_p$   $K_i$   $K_d$  , *software* Arduino IDE untuk mengontrol suhu pada *hardware* dari inkubator bayi.

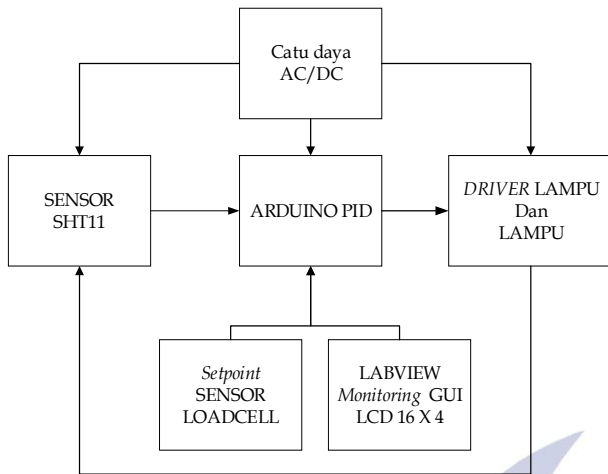
#### Rancangan Penelitian

Tahapan perancangan penelitian ini secara garis besar dijelaskan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Rancangan Penelitian  
(Sumber : Data Primer, 2018)

### Disain Sistem



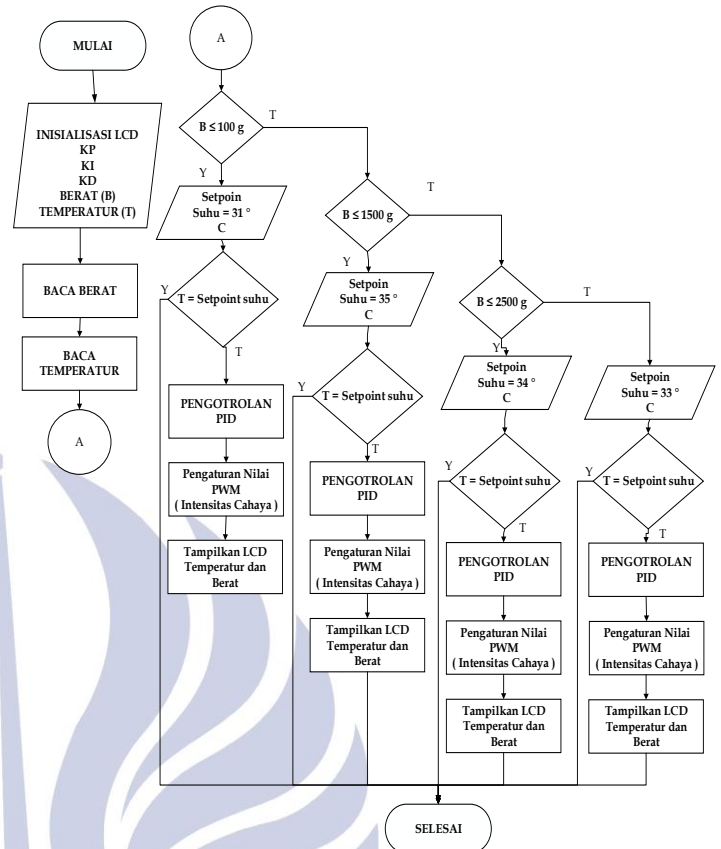
Gambar 8. Diagram Alir Rancangan Penelitian  
(Sumber : Data Primer, 2018)

Gambar 8. merupakan desain sistem inkubator bayi dengan *controller* PID dengan variable yang di kontrol adalah suhu. Blok SHT11 digunakan untuk membaca suhu , blok load cell digunakan untuk emabaca berat , blok Arduino disini adalah inti dari sistem mengukan untuk membadikan pembacaan berat dengan pengaturan *setpoint* mengukan berat bayi , lalu untuk membandikan suhu dari SHT11 dengan *set point* untuk menentukan sikap berikutnya yang akan dilanjutkan oleh diver lampu dan menyalakan lampu. Pada skripsi ini menggunakan plant terbuat dari kayu jati, alumunium dan kaca . Dimensi inkubator 40 cm x 35 cm x 75 cm dengan alas tambahan 10 cm . Gambar 3.10 berikut adalah model desain inkubator bayi dan detail ukuran perbagian



Gambar 9 Desain Inkubator bayi  
(Sumber : Data Primer, 2018)

### Rancang Bangun Software

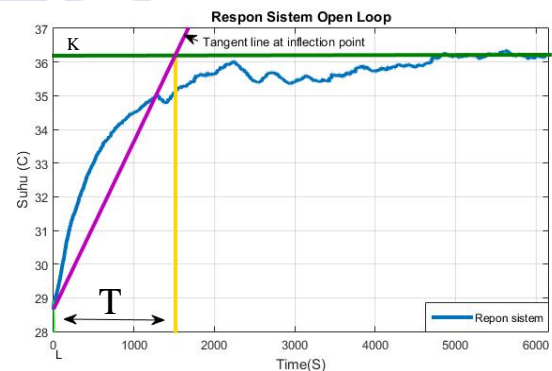


Gambar 10 Flowchart Rancangan Software  
(Sumber : Data Primer, 2018)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan meliputi dari pencarian model , penentuan nilai kontanta Kp Ki dan Kd dengan metode *Ziegler Nichlos* Metode Kurva Reaksi . untuk pengujiannya yang akan di lakukan adalah pengujian setiap *setpoint* berserta diberi gangguan dan disertai juga tampilan *monitoring* dari labview.

### Pemodelan sistem



Gambar 11 : respon sistem open loop  
(Sumber : Data Primer, 2018)

Dari gambar 9 menunjukkan bahwa *plant* model memiliki output proses (PV) berupa suhu yang terus menerus membesar hingga mencapai keadaan tunak . sesuai dengan

aturan Ziegler-Nichols metode kurva respon menggunakan garis bantu untuk menentukan dua buah konstanta yaitu waktu tunda (L) dan waktu constant (T) sesuai didapatkan data-data berikut  $L = 15$  ,  $K = 36.18$  ,  $T = 1500$  .

$$\begin{aligned} \text{Time delay } (\tau_d) &= \tau \ln 2 & (5) \\ &= 144.91 \ln 2 = 81,8877 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rise time } (\tau_r = 5\%-95\%) &= \tau \ln 19 & (6) \\ &= 118,13 \ln 19 = 347,853 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rise time } (\tau_r = 10\%-90\%) &= \tau \ln 9 & (7) \\ &= 118,139 \ln 9 = 259,577 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Settling time } (\tau_s = 5\%) &= 3 \tau & (8) \\ &= 3 (118,139) = 354,417 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Settling time } (\tau_s = 2\%) &= 4 \tau & (9) \\ &= 4 (118,139) = 472,556 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Settling time } (\tau_s = 0.5\%) &= 5 \tau & (10) \\ &= 5 (118,139) = 590,695 \text{ s} \end{aligned}$$

Setelah untuk mencari indikator yang sudah diketahui kurang satu indikator yang harus dicari yaitu *Error SteadyState* (Ess) dengan rumusnya bisa dibawah ini:

$$\text{Error SteadyState (Ess)} = \frac{Y_{ss} - X_{ss}}{X_{ss}} 100\% \quad (11)$$

Keterangan :

$Y_{ss}$  = keluran dari sistem ( SteadyState )

$X_{ss}$  = keluran yang di inginkan ( setpoint )

$T_d$  = Time delay

$T_r$  = Rise time

$T_s$  = Settling time

Ess = Error SteadyState

Setelah diketahui nilai  $L$  ,  $K$  , dan  $T$  dengan ini dapat mencari model *mathematic plant* inkubator bayi dengan cara memasukkan 3 nilai dari aspek diatas ke rumus di bawah ini :

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{ke^{-Ls}}{Ts+1} \quad (11)$$

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{36,19e^{-15s}}{1500s+1} \quad (12)$$

Keterangan :

$K$  = Gain

$T$  = Time Constant

$L$  = Delay time

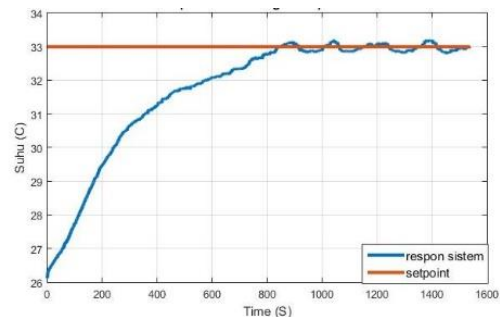
### Perancangan kontroler PID

Perancangan kontroler PID dilakukan untuk mendapatkan parameter dari kontroler PID yaitu  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Pada pembahasan sebelumnya telah ditentukan bahwa fungsi alih ditentukan dengan metode *Ziegler Nichlos* maka dari pencarian nilai  $K_p$   $K_i$   $K_d$  dari sistem PID juga mengukan metode *Ziegler Nichlos* metode kurva reaksi variable yang diperlukan hanya  $T$  dan  $L$  tapi dikarnakan *Output* respon dari sistem inkubator bayi ini adalah orde 1 maka yang akan dicari hanya  $K_p$  dan  $K_i$  sedangkan  $K_d$  akan isi nol . dapat dilihat Tabel 2 untuk mencari  $K_p$  dan  $K_i$  .

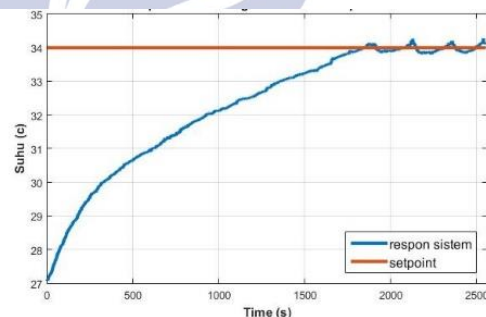
Dengan rumus  $K_p = 0,9 \frac{T}{L}$  dengan  $T$  dan  $L$  yang sudah diketahui di atas maka  $K_p = 0,9 \frac{1500}{15}$  jadi  $K_p = 90$ . untuk rumus  $K_i = \frac{L}{0,3}$  dengan nilai  $L$  yang sudah diketahui di atas maka  $K_i = \frac{15}{0,3}$  jadi  $K_i = 50$  .

### Pengujian sistem

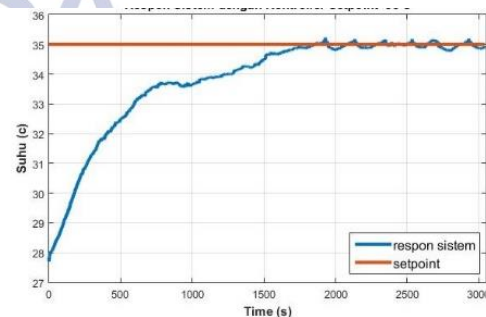
Pengujian meliputi dari pengujian setiap *setpoint*  $33^\circ \text{C}$  ,  $34^\circ \text{C}$  ,  $35^\circ \text{C}$  disertai juga pengujian dengan *setpoint* berubah ubah dan beri gangguan.



Gambar 12 Grafik respon sistem dengan *set point*  $33^\circ \text{C}$   
(Sumber : Data Primer, 2018)

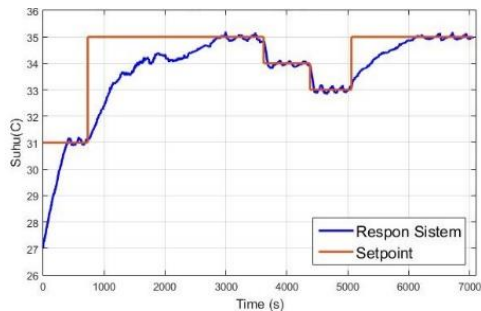


Gambar 13 Grafik respon sistem dengan *controller*  $34^\circ \text{C}$   
(Sumber : Data Primer, 2018)

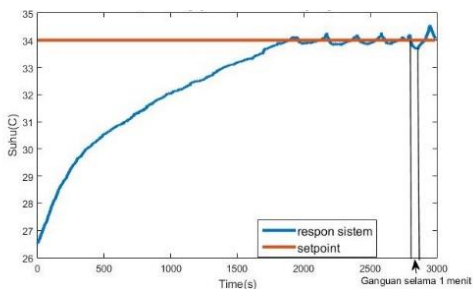


Gambar 14 respon sistem dengan *set point*  $35^\circ \text{C}$   
(Sumber : Data Primer, 2018)





Gambar 15 : respon sistem dengan *set point* diubah  
ubah  
(Sumber : Data Primer, 2018)



Gambar 16 : respon sistem diberi gangguan  
(Sumber : Data Primer, 2018)

Setelah melihat grafik diatas bisa di cari indikator indikator yang mendukungnya untuk *setpoint* 33° C bisa dilihat untuk persamaannya pada persamaan 5 sampai 11 untuk *Time delay* ( $\tau_d$ ) 55.069 s , *Rise time* ( $\tau_r$ ) 233.932 s , *Rise time* ( $\tau_r = 10\%-90\%$ ) 174.567 s , *Settling time* ( $\tau_s = 5\%$ ) 238.347 s , *Settling time* ( $\tau_s = 2\%$ ) 317.796 s , *Settling time* ( $\tau_s = 0.5\%$ ) 397.245 s , *Error SteadyState* (Ess) 0.057 %

Setelah melihat grafik diatas bisa di cari indikator indikator yang mendukungnya untuk *setpoint* 34° C bisa dilihat untuk persamaannya pada persamaan 5 sampai 11 untuk *Time delay* ( $\tau_d$ ) 53.24 s , *Rise time* ( $\tau_r = 5\%-95\%$ ) 226.19 s , *Rise time* ( $\tau_r = 10\%-90\%$ ) 168.79 s *Settling time* ( $\tau_s = 5\%$ ) 230.46 s , *Settling time* ( $\tau_s = 2\%$ ) 307.28 s , *Settling time* ( $\tau_s = 0.5\%$ ) 384.1s , *Error SteadyState* (Ess) 0.041 %

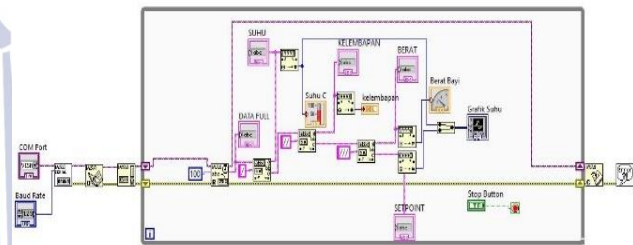
Setelah melihat grafik diatas bisa di cari indikator indikator yang mendukungnya untuk *setpoint* 35° C bisa dilihat untuk persamaannya pada persamaan 5 sampai 11 untuk *Time delay* ( $\tau_d$ ) 69.3s , *Rise time* ( $\tau_r = 5\%-95\%$ ) 294.38s , *Rise time* ( $\tau_r = 10\%-90\%$ ) 229,676s , *Settling time* ( $\tau_s = 5\%$ ) 299.937s , *Settling time* ( $\tau_s = 2\%$ ) 399,916s , *Settling time* ( $\tau_s = 0.5\%$ ) 499.895s , *Error SteadyState* (Ess) 0.057 %

Pengujian *monitoring* LabVIEW bisa mengikuti dari yang ada di *hardware* gambar *monitoring* dan

diagram blok *monitoring* bisa di lihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 17 : *monitoring* LabVIEW  
(Sumber : Data Primer, 2018)



Gambar 18: Diagram Blok *Monitoring*  
(Sumber : Data Primer, 2018 )

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan analisis dari respon open loop dari sistem inkubator bayi menghasilkan model matematika pada Persamaan 12 dari metode Ziegler-Nichols kurva respon , dari metode yang sama juga menghasilkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dengan nilai  $K_p = 90$  ,  $K_i = 50$  ,  $K_d = 0$ .

Pada pengujian *plant* dengan kontrol PID , bisa dilihat dari persamaan 11 untuk *setpoint* 33° C di dapatkan *Error SteadyState* (Ess) : 0.057 % . lalu untuk *setpoint* 34° C didapatkan hasil *Error SteadyState* (Ess) =0.041 % . lalu untuk *setpoint* 35° C didapatkan hasil *Error SteadyState* (Ess) =0.057 %.

### Saran

Berdasarkan simpulan diatas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu sebagai Menerapkan sistem pengontrolan kelembaban udara pada *plant*. *Plant* pengontrolan temperatur masih dapat dikembangkan dengan mengubah kontroler jenis kontrol adaptif, fuzzy logic, dan jaringan saraf tiruan (JST) agar dapat mengurangi nilai *error steady state*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gunterus, Frans.1994. *Falsafah Dasar : Sistem Pengendalian Proses*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- Harseno , Ahmad Rieskha . 2016. *Desain Inkubator Bayi Dengan Konsep Harga Terjangkau*. Surabaya : ITS
- Ogata, Katsuhiko. 1985. *Teknik Kontrol Automatik jilid 1*. Terjemahan Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.

- Setyaningsih , Noor Yulita Dwi ,dan Wahyunggoro ,  
Oyas .2015. “ *Pemilihan Lampu Sebagai Pemanas  
Pada Inkubator Bayi* “ . Yogyakarta : STMIK  
AMIKOM Yogyakarta
- Surasmi , Asrining DKK . 2013 . “ *Perawatan Bayi  
Beresiko Tinggi* “ . Jakarta : penerbit buku  
kedokteran EGC .
- Seto, Dkk. 2015. “ *Rancang Bangun Sistem Pengendali  
Suhu Dan Kelembaban Pada Miniatur  
Greenhouse Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8*  
“ . Samarinda: UNMUL.
- Saifuddin , Abdul bari . 2009 .”Ilmu Kebidanan “ . Jakarta  
: PT . Bina Pustaka Sarwono Prawirohardjo
- Wijaya , Yusmar Palapa 2015 . “ *Simulasi Pengendalian  
Volume Tangki Menggunakan LaabVIEW dan  
Arduino UNO* “ Jurnal Sains, Teknologi dan Industri  
vol 13 (1)
- Web.<https://www.arduino.cc/en/main/software>.diakses  
24 november 2017.
- Web <https://www.aliexpress.com> diakses 24 januari  
2018
- Web <https://www.primelec.com> diakses 24 januari 2018

